



0/536561

REC'D 25 FEB 2004  
WIPO  
PCT

*Ministero delle Attività Produttive*  
*Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività*  
*Ufficio Italiano Brevetti e Marchi*  
*Ufficio G2*

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:

N. **MI2002 A 002637**

**Invenzione Industriale**



*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali  
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati  
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

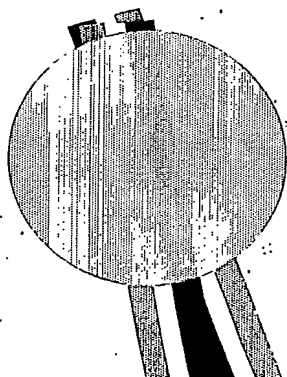
**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**12 DIC. 2003**

Roma, il .....

IL DIRIGENTE

*[Signature]*





RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE, DESCRIZIONE E RIVENDICAZIONE

NUMERO DOMANDA MI2002A 00263

REG. A

DATA DI DEPOSITO 11/02/2002

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

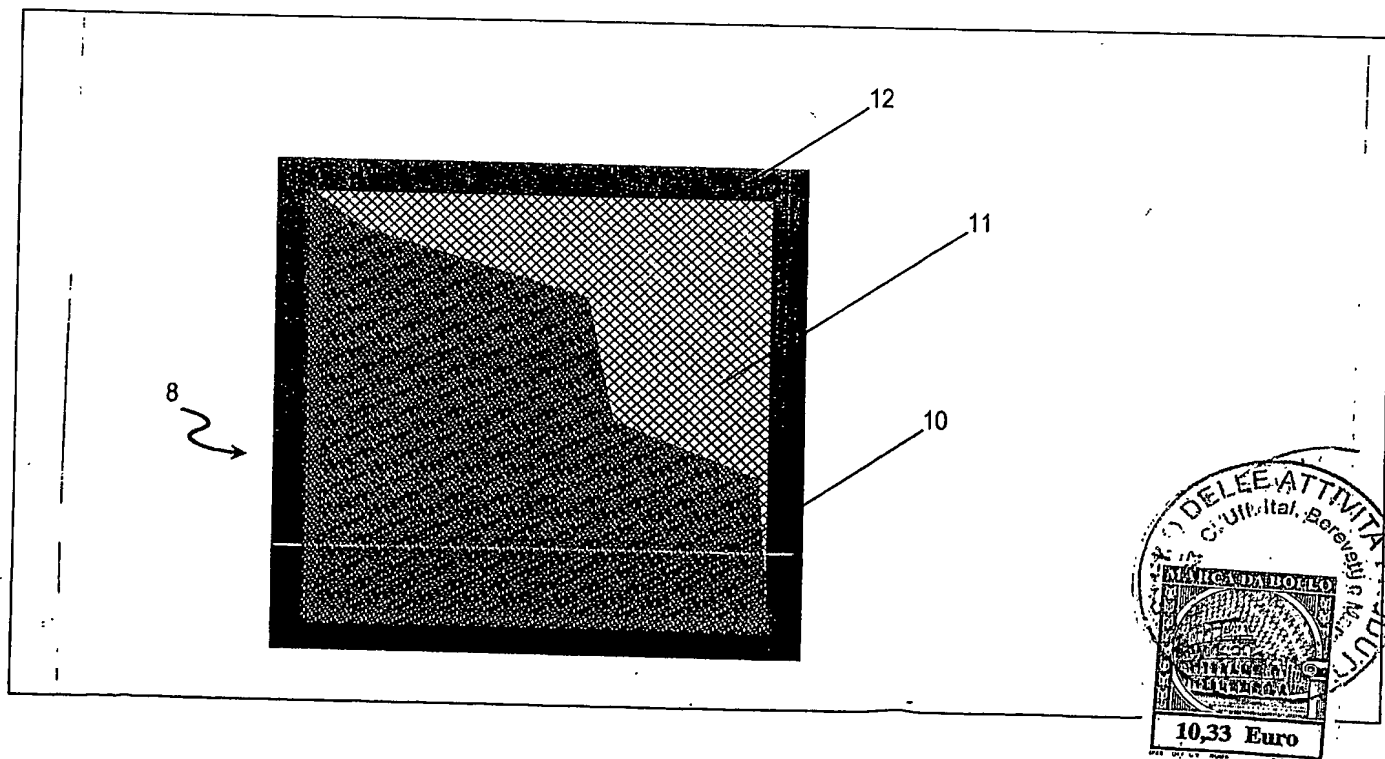
## D. TITOLO

GENERATORE ELETTROCHIMICO E METODO PER IL SUO UTILIZZO

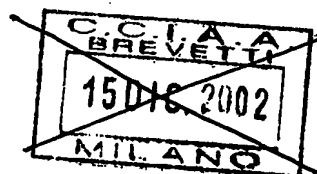
## L. RIASSUNTO

È descritto un generatore elettrochimico formato da un'alternanza di celle a combustibile a membrana e celle di termostatazione con circolazione interna di acqua liquida. Le celle a combustibile sono alimentate in almeno uno dei due comparti, anodico o catodico, con gas secco, che viene umidificato mediante il passaggio di acqua proveniente dalla cella di termostatazione adiacente attraverso una parete porosa metallica di separazione. L'acqua liquida permeata, evaporando almeno in parte nelle celle a combustibile, contribuisce all'estrazione del calore di reazione.

## M. DISEGNO



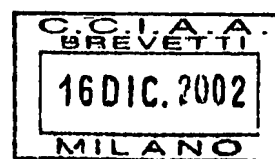
MI 2002 A 0 0 2 6 3 7



## DESCRIZIONE DI INVENZIONE INDUSTRIALE

A NOME: NUVERA FUEL CELLS EUROPE S.r.l.

La generazione di corrente elettrica continua mediante celle a combustibile è una ben nota alternativa ai sistemi di generazione tradizionali, caratterizzata da basso o nullo impatto ambientale. A seconda della potenza richiesta, esistono vari tipi di celle a combustibile, caratterizzati dall'impiego di diversi elettroliti e per conseguenza da diverse temperature operative. Le celle a combustibile a membrana polimerica sono le più adatte per sistemi di piccola taglia (tipicamente inferiore a 500 kW) nei quali siano richiesti tempi di avviamento e di raggiungimento della potenza nominale molto ridotti, semplicità di fermata e successivo riavviamento, capacità di risposta istantanea a variazioni del carico richiesto in un intervallo molto ampio: tipici campi di applicazione per questo tipo di cella sono l'autotrazione elettrica e la produzione locale di elettricità per usi domestici. A loro volta, le celle a combustibile a membrana polimerica si possono generalmente dividere in due tipi, a seconda che utilizzino, come alimentazione anodica, un combustibile gassoso (ad esempio idrogeno, puro o in miscela) o un combustibile liquido (ad esempio metanolo o altri alcoli leggeri). In entrambi i casi, l'elettrolita solido utilizzato, una membrana a scambio protonico normalmente provvista di gruppi funzionali solfonici, impone una temperatura operativa al di sotto dei 100°C o nella migliore delle ipotesi pochi gradi al di sopra di tale soglia. Infatti, la conduzione protonica in tale tipo di membrane avviene per separazione della carica elettrica sui gruppi funzionali attraverso un meccanismo di dissociazione, che richiede la presenza di umidità per poter avvenire in modo efficiente. Le celle alimentate con idrogeno all'anodo e con ossigeno o aria al catodo (PEMFC) risentono in modo ancor più accentuato dei fenomeni di





disidratazione che tendono a prodursi al crescere della temperatura, in quanto entrambi i reagenti sono in fase gassosa, e l'idratazione della membrana può avvenire solamente attraverso l'acqua prodotta dalla reazione complessiva e l'umidità dei flussi gassosi. Poiché la generazione di corrente elettrica realizzata mediante ossidazione del combustibile e riduzione catodica dell'ossigeno avviene con sviluppo di calore, è evidente l'importanza di una efficace estrazione di quest'ultimo per non incorrere in un indesiderato aumento della temperatura che rischierebbe di bloccare il meccanismo di conduzione protonica, fenomeno spesso irreversibile. In una cella a combustibile singola, il calore può essere facilmente asportato per convezione dalle pareti esterne; tuttavia, una cella singola è di scarsissima utilità pratica per ragioni termodinamiche, poiché la tensione elettrica ai suoi capi risulterebbe estremamente limitata, comunque inferiore a 1 Volt, anche generando correnti molto modeste. Le celle a combustibile vengono pertanto impilate in arrangiamenti modulari solitamente in serie elettrica, in modo da sommare le tensioni delle singole celle in una batteria delle dimensioni richieste. Un siffatto impilamento di celle rende tuttavia impraticabile l'estrazione del calore dalla pareti per convezione naturale da parte dell'atmosfera, soprattutto per quanto riguarda le celle della zona centrale. Per i motivi illustrati, lo sviluppo ingegneristico dei moduli di celle a combustibile si è incentrato in modo notevole, nel corso degli anni, sulla messa a punto di sistemi sempre più efficienti per umidificare i gas e per estrarre il calore di reazione. Secondo un approccio di tipo tradizionale, le due funzioni vengono separatamente realizzate da diversi circuiti idraulici: ad esempio, l'umidificazione può essere effettuata gorgogliando i reagenti gassosi in serbatoi di umidificazione, ovvero alimentando gli stessi in una camera separata mediante una membrana semipermeabile da un compartimento nel quale circola acqua

*mr*

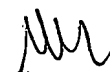
liquida, solitamente preriscaldata; la termostatazione può essere invece realizzata mediante passaggio di acqua a temperatura controllata in apposite serpentine che corrono all'interno dei piatti delimitanti ciascuna cella elementare, o in apposite camere ricavate tra una cella e l'altra. Le due funzioni devono essere controllate in maniera molto rigida e ben armonizzate tra di loro, per mantenere adeguate condizioni di idratazione senza tuttavia condensare una quantità eccessiva di acqua liquida all'interno delle celle. Occorre infatti evitare che i reattivi gassosi siano ostacolati dalla presenza del liquido nel raggiungere i siti di reazione costituiti da un deposito di catalizzatore su strutture elettrodiche porose. Il bilancio tra acqua apportata o generata dalla reazione, ed acqua estratta dalla cella per evaporazione o con il flusso di reattivi esausti, è reso ancora più difficile dal fatto che le celle di disegno tradizionale comportano passaggi obbligati per la diffusione dei reattivi dati dal tipico disegno scanalato a serpentino dei piatti bipolari delimitanti le celle, e che essi sono costretti a percorrere per giungere ai siti di reazione. Il fermarsi di gocce d'acqua all'interno delle scanalature dei piatti può facilmente portare all'arresto dell'alimentazione dei reattivi e quindi del processo di generazione di corrente.

Una situazione più vantaggiosa, da questo punto di vista, si verifica per disegni di cella più avanzati dove il percorso dei gas non è obbligato, ma è delocalizzato all'interno dell'intero volume di camere contenenti un materiale reticolato che serve a realizzare la continuità elettrica tra una cella e l'altra senza creare vincoli rilevanti al flusso. Un disegno di questo tipo è descritto, ad esempio, in EP 0629015. Questo tipo di disegno è estremamente favorevole per realizzare il cosiddetto raffreddamento evaporativo, cioè l'asportazione di calore ottenuta mediante evaporazione di acqua, preferibilmente nebulizzata, all'interno delle celle, con

111

sottrazione del relativo calore latente associato alla trasformazione di fase. Una soluzione di questo genere è ad esempio descritta in WO 00/63992, dove è prevista l'alimentazione contemporanea di gas e di acqua sul collettore di corrente reticolato presente all'interno delle celle; la conseguente evaporazione di almeno parte dell'acqua alimentata contribuisce sia all'umidificazione del gas, sia alla sottrazione di calore. Poiché la quantità di acqua evaporata tende ad aumentare al crescere della temperatura, il sistema tende ad essere in una certa misura autoregolante. In alternativa, l'asportazione del calore per evaporazione può essere integrata da un asporto per convezione, come descritto in WO 01/41241, ove è descritta una batteria di celle a combustibile che abbina il raffreddamento evaporativo di WO 00/63992 ad un circuito separato che impone la circolazione di un fluido di termostatazione sulla cornice periferica delle celle. Un sistema integrato evaporativo/conveittivo di asportazione del calore ancor più efficiente è infine divulgato nella domanda di brevetto italiana MI2002A 001338, che descrive una batteria di celle a combustibile impilate in alternanza con celle di termostatazione; in queste ultime viene mantenuto in circolazione un flusso di acqua che viene in parte riversato nelle celle a combustibile adiacenti attraverso una serie di fori calibrati presenti sulla parte alta. Nonostante le soluzioni proposte nelle ultime tre domande di brevetto citate rappresentino un considerevole passo in avanti rispetto alla tecnologia tradizionale che prevede la completa separazione delle funzioni di raffreddamento e umidificazione, la notevole portata di gas in gioco, soprattutto nel caso di celle che lavorano a pressione non elevata, rende in qualche caso problematico il perfetto miscelamento del vapore generato con i gas stessi, che è condizione essenziale per un buon funzionamento del processo. In particolare, il sistema di MI2002A 001338 potrebbe risultare molto più efficiente se





lo scambio di acqua tra celle di termostatazione e celle a combustibile avvenisse non in maniera così localizzata, tale da rendere necessaria una problematica ridistribuzione dei fluidi all'interno delle celle a combustibile, ma piuttosto in modo da interessare l'intera area di reazione. Sono note nella tecnica alcune realizzazioni che prevedono, ancorché in un contesto completamente diverso, uno scambio di materia delocalizzato tra celle di termostatazione e celle a combustibile lungo l'intera superficie attiva. Un esempio interessante è dato dalle strutture di carbone porose descritte in US 2001/0004501, che sono utilizzate per uno scopo differente, cioè per l'estrazione dell'eccesso di acqua liquida da celle a combustibile verso il circuito di termostatazione. In questo caso, i gas vengono alimentati già umidificati da un circuito ausiliario, poiché la struttura di cella impiegata, fatta con piatti scanalati a percorso obbligato, rende irrealizzabile una corretta umidificazione in situ. D'altra parte, l'accumulo di acqua nelle scanalature dei piatti che delimitano le celle potrebbe portare, come si è detto, al blocco del passaggio dei reattivi verso i siti catalitici. Man mano che si forma acqua di reazione, o in seguito ad eventuale eccesso di condensazione nel corso di transitori di processo, i pericolosi fenomeni di accumulo sono in questo caso contrastati attraverso la permeazione dell'acqua in eccesso verso il circuito di termostatazione attraverso barriere sottili di grafite. L'uso di pareti porose per scambio di materia tra celle a combustibile e di termostatazione è inoltre descritto in DE 10103568, ove un passaggio di vapore acqueo, alternativamente in un senso o nell'altro, equilibra la pressione di vapore nei diversi punti della cella tra un refrigerante a bassa volatilità mischiato ad acqua ed un reattivo gassoso preumidificato nel compartimento della cella a combustibile adiacente. Questo consente il raffreddamento di una batteria di celle a combustibile per convezione,



con un fluido refrigerante diverso dall'acqua pura ma con un contributo del fluido stesso a mantenere condizioni di umidificazione più o meno costanti. Queste costruzioni sono evidentemente incompatibili con un raffreddamento di tipo evaporativo, ed inoltre comportano una certa complicazione del disegno di cella nonché l'uso di materiali grafitici, poco resistenti alle sollecitazioni meccaniche e quindi svantaggiosi per certi tipi di applicazione, come l'autotrazione, tipiche delle celle tipo PEMFC. Inoltre, questi tipi di costruzione non sono in grado di svincolare il disegno di cella dalla presenza di un sistema ausiliario di preumidificazione dei reagenti gassosi.

È uno degli obiettivi della presente invenzione fornire un generatore elettrochimico comprendente un'alternanza di celle a combustibile a membrana polimerica e celle di termostatazione, atto a realizzare l'umidificazione in situ dei reagenti gassosi senza apporto di circuiti ausiliari e con un'efficienza superiore a quella dei sistemi dell'arte nota, e nel quale si verifichi al contempo l'asportazione di almeno parte del calore di reazione mediante raffreddamento evaporativo.

Sotto un primo aspetto, l'invenzione consiste in un generatore elettrochimico comprendente celle a combustibile a membrana alternate a celle di termostatazione alimentate con acqua liquida in un impilamento modulare, ove le celle di termostatazione sono separate da una cella a combustibile adiacente mediante una parete porosa integrale metallica, che consente il passaggio di acqua, a pressione controllata, dalla cella di termostatazione alla relativa cella a combustibile lungo tutta la superficie; le celle di termostatazione sono preferibilmente interposte tra ogni coppia di celle a combustibile consecutive.

Sotto un secondo aspetto, l'invenzione consiste in un metodo di generazione di corrente elettrica continua in un generatore costituito da un impilamento modulare



di celle a combustibile a membrana e celle di termostatazione reciprocamente separate da una parete metallica integrale porosa, nel quale le celle a combustibile vengono alimentate con reagenti gassosi ad una certa pressione, e le celle di termostatazione vengono alimentate con acqua liquida ad una pressione superiore controllata, in modo da umidificare i reagenti gassosi alimentati nelle celle a combustibile o almeno uno di essi, ed estrarre almeno parte del calore di reazione.

Questi ed altri aspetti saranno chiariti dalla seguente descrizione, che è da intendersi come esemplificativa e non limitante l'invenzione, e nella quale sarà fatto riferimento alle figure allegate.

La Fig. 1 mostra un generatore elettrochimico secondo una realizzazione preferita dell'invenzione.

La Fig. 2 mostra un dettaglio del generatore elettrochimico della fig.1.

La Fig. 3 mostra una realizzazione preferita della parete porosa metallica che separa le celle di termostatazione dalle celle a combustibile a membrana del generatore elettrochimico dell'invenzione.

In figura 1, è mostrata una realizzazione preferita dell'invenzione, nella quale è prevista l'umidificazione di uno solo dei due reagenti, ad esempio dell'aria. È indicato con (1) il generatore dell'invenzione, che comprende un impilamento modulare, preferibilmente secondo una configurazione filtropressa, di celle a combustibile (2) e celle di termostatazione (3). Nel caso specifico è interposta una cella di termostatazione (3) per ogni coppia di celle a combustibile (2) adiacenti. Le celle a combustibile (2) utilizzano quale elettrolita una membrana a scambio ionico (5), preferibilmente una membrana polimerica a scambio protonico provvista di gruppi funzionali idrolizzabili. La membrana è dotata sulle due facce di



un'attivazione catalitica e preferibilmente di un componente poroso, ad esempio un tessuto di carbonio, per il corretto apporto dei reagenti gassosi ai siti attivi. Nel caso illustrato, l'impilamento di celle prevede una connessione elettrica di tipo bipolare, pertanto ciascuna di esse è delimitata da elementi bipolari; in particolare, ciascuna cella a combustibile (2) e ciascuna cella di umidificazione (3) sono delimitate da un piatto bipolare (7) e da una parete porosa integrale (8), entrambe in materiale metallico. Entrambi i comparti delle celle a combustibile (2) sono riempiti con un distributore reticolato conduttivo (6) dei reagenti gassosi, che assicura anche la continuità elettrica tra la membrana attivata (5) ed il componente bipolare corrispondente, sia esso un piatto (7) o una parete porosa (8). In una realizzazione preferita, le celle di termostatazione (3) contengono anch'esse un materiale reticolato conduttivo (6') ai fini di assicurare la continuità elettrica al loro interno; questo materiale può essere lo stesso dei distributori (6) o differente. Per sfruttare al meglio le caratteristiche dell'invenzione, il materiale reticolato conduttivo degli elementi (6) e (6') deve avere buona conducibilità elettrica e termica, buona resistenza alla corrosione nell'ambiente di reazione e bassa perdita di carico; sono particolarmente adatti allo scopo i materiali metallici, soprattutto gli acciai inossidabili e le leghe di nickel, in forma di reti o lamiere espanse, singole o in sovrapposizione, o in forma di spugne o schiume. Per assicurare la tenuta idraulica dei vari componenti, è possibile utilizzare, come mostrato in figura, guarnizioni piane in forma di cornice (4), ma anche O-rings o altri componenti analoghi, come noto nella tecnica. In figura è mostrato come l'intero impilamento che costituisce il generatore sia chiuso con testate terminali (9), anche se, come è evidente, altri tipi di soluzione costruttiva possono essere analogamente impiegati.

Il serraggio del generatore può essere effettuato con tiranti, o con cinghie





metalliche, o con altri mezzi di contenimento non mostrati in figura; le alimentazioni dei gas e dell'acqua di termostatazione sono in genere realizzate attraverso appositi collettori, come noto nella tecnica. Come si è detto, la soluzione proposta in figura prevede che un solo reagente venga umidificato con il metodo dell'invenzione; infatti, per un vasto campo di condizioni di processo, operando con distributori di gas reticolati, che non impongono percorsi obbligati ai reagenti, è possibile operare con aria umidificata e combustibile secco, senza incorrere in particolari problemi a patto che l'umidificazione dell'aria sia fatta in modo corretto ed efficiente. In questo caso, l'aria viene alimentata, senza preumidificazione alcuna, attraverso un dispositivo di alimentazione non mostrato in figura alle celle a combustibile (2) in corrispondenza del distributore reticolato (6) adiacente ad una parete porosa (8), mentre il combustibile viene alimentato all'altro comparto, ove il distributore reticolato (6) è adiacente ad un piatto bipolare (7). L'acqua di umidificazione, preferibilmente preriscaldata perché abbia una più elevata tensione di vapore, viene alimentata alle celle di termostatazione (3), nel caso presente in corrispondenza del materiale reticolato (6'). Avendo l'accortezza di alimentare l'acqua di umificazione ad una certa pressione, comunque superiore a quella del reagente da umidificare che si trova dalla parte opposta della parete porosa (8), parte dell'acqua passa nella rispettiva cella a combustibile (2), evaporando almeno in parte in modo molto omogeneo, sia perché distribuita mediante la parete porosa integrale (8) lungo tutta l'area attiva di cella, sia perché favorita dalla presenza del distributore reticolato (6), secondo quanto descritto in WO 00/63992. In tal modo, il calore di reazione verrà asportato per una parte sostanziale dall'evaporazione locale di acqua sul distributore reticolato (6), e solo in parte attraverso lo scambio termico convettivo con le celle a combustibile (2)



adiacenti realizzato dal passaggio dall'acqua circolante nelle celle di termostatazione (3). È però evidente che, in generatori elettrochimici le cui condizioni di processo impongano l'umidificazione di entrambi i gas, basterà delimitare le celle di termostatazione (3) con due pareti porose integrali (8) anziché con una parete porosa (8) ed un piatto bipolare (7), in modo da suddividere il passaggio di acqua verso entrambe le celle adiacenti. Sono anche possibili realizzazioni diverse, nelle quali ogni cella di termostatazione (3), delimitata da due pareti porose (8), si affacci sui due compartimenti catodici delle celle a combustibile (1) adiacenti, mentre i due compartimenti anodici, in posizione opposta, sono delimitati da piatti (7); la connessione filtropressa di celle a combustibile suddivise in coppie i cui compartimenti catodici risultino reciprocamente affacciati è meno agevole del caso dei compartimenti alternati ma ampiamente nota nella tecnica.

La figura 2 mostra un dettaglio del generatore in figura 1, in cui sono evidenziati meglio i passaggi dei diversi fluidi all'interno delle celle. Con (201) è indicata l'alimentazione di acqua opzionalmente preriscaldata all'interno del materiale reticolato (6'), e con (202) la relativa uscita; con (301) è indicata l'alimentazione del reagente da umidificare (ad esempio l'aria) attraverso il distributore reticolato (6), e con (302) la relativa uscita; con (401) e (402) sono indicate l'alimentazione e l'uscita dell'altro reagente, ad esempio un combustibile contenente idrogeno. Le frecce (100) indicano il passaggio di acqua liquida in pressione attraverso la parete porosa (8) che separa la cella di termostatazione dal comparto della cella a combustibile contenente il reagente da umidificare; giungendo al distributore reticolato (6), l'acqua evapora in modo sostanziale contribuendo a sottrarre il calore generato dalla reazione in corrispondenza della membrana attivata (5). Per



mantenere un corretto bilancio termico e idrico, la quantità di acqua che passa attraverso la parete porosa (8) nella direzione delle frecce (100) deve essere regolata con una certa accuratezza, per quanto il distributore reticolato (6) permetta di operare fino ad un certo limite con un discreto eccesso di acqua liquida, cosa che non sarebbe consentita da una distribuzione forzata come quella realizzata dai piatti scanalati a serpentina comuni a molte realizzazioni. Tale regolazione è possibile agendo sulla porosità della parete (8), che per materiali opportuni è controllabile in modo molto fine, e contemporaneamente sulla pressione dell'acqua rispetto a quella del reagente da umidificare, che si trova dalla parte opposta della parete (8). In questo modo, variazioni delle condizioni di funzionamento del generatore, e quindi di calore prodotto, possono essere facilmente compensate agendo sulla pressione dell'acqua.

La parete porosa (8) può essere realizzata in vari modi, ma è evidente che, al contrario degli elementi grafitici per lo scambio di materia tra celle a combustibile e celle di termostatazione descritti in US 2001/0004501 o in DE 10103568, essa è un vero e proprio elemento strutturale che deve sopportare, tra l'altro, almeno in parte il dislivello di pressione tra i due comparti interessati al passaggio di acqua, che può essere di diverse atmosfere.

La figura 3 offre pertanto una soluzione preferita per la realizzazione di tale componente, pur se molte altre soluzioni saranno praticabili come evidente per gli esperti del settore. Nel caso specifico illustrato, il materiale a porosità controllata (10) che costituisce il componente critico della parete porosa (8) è supportato ad una rete metallica (11) che serve a conferirgli stabilità meccanica; come ulteriore elemento di rinforzo, è prevista una cornice perimetrale (12), che può oltretutto cooperare in maniera vantaggiosa con i mezzi di tenuta idraulica (ad esempio le

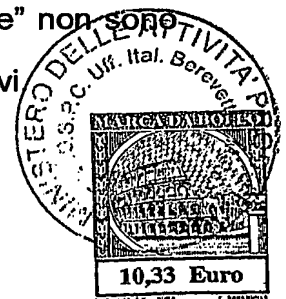


guarnizioni (4) di figura 1), i quali avrebbero un abbinamento più problematico con un materiale poroso. Il materiale a porosità controllata (10) può essere costituito da un intreccio di fibre metalliche, o ancor più preferibilmente da un sinterizzato. Il modo di produrre compositi in fibra metallica o sinterizzati a porosità altamente controllata è ampiamente noto nella tecnica, così come sono note le tecniche per supportare gli stessi su altri materiali metallici tipo reti, lamiere perforate o stirate o equivalenti. La parete porosa (8) così ottenuta può essere opzionalmente modificata con materiale idrofobico, su entrambi i lati o anche sul solo lato gas (faccia in contatto con il distributore (6)), per consentire un miglior controllo del flusso dell'acqua. Il materiale idrofobico può essere costituito, in una realizzazione preferita, da un polimero fluorurato.

La porosità della parete (8) deve essere preferibilmente molto fine; perché il metodo dell'invenzione possa essere praticato con successo, la resistenza al passaggio dei fluidi o perdita di carico attraverso di esso deve essere sostanzialmente maggiore di quella imposta dai materiali reticolati (6) e (6'), in modo che il trasporto di acqua secondo la direzione delle frecce (100) sia effettivamente controllabile e non interferisca con la prevalente circolazione del gas nel distributore reticolato (6) (secondo le frecce (301) e (302)) e dell'acqua stessa nel materiale reticolato (6') (secondo (201) e (202)).

La descrizione di cui sopra non sarà intesa come limitante l'invenzione, che può essere praticata secondo differenti realizzazioni senza discostarsene dagli scopi, e la cui portata è univocamente definita dalle rivendicazioni allegate.

Nella descrizione e nelle rivendicazioni della presente domanda, la parola "comprendere" e le sue variazioni quali "comprendente" e "comprende" non sono intese ad escludere la presenza di altri elementi o componenti aggiuntivi





## RIVENDICAZIONI

1. Una generatore elettrochimico che comprende una molteplicità di celle a combustibile a membrana provviste di un distributore reticolato di reagenti gassosi, una molteplicità di celle di termostatazione alimentate con acqua liquida, un dispositivo di alimentazione dei reagenti gassosi allo stato secco ed un dispositivo di umidificazione di almeno uno di detti reagenti gassosi e di estrazione del calore mediante permeazione di parte di detta acqua liquida alimentata in dette celle di termostatazione attraverso una molteplicità di pareti porose metalliche che separano dette celle a combustibile da dette celle di termostatazione, ed evaporazione di detta acqua liquida permeata all'interno di dette celle a combustibile.
2. Il generatore della rivendicazione 1 ove una di dette celle di termostatazione è interposta tra ogni coppia di dette celle a combustibile a membrana consecutive.
3. Il generatore delle rivendicazioni precedenti ove dette pareti porose sono costituite da un sinterizzato metallico a permeabilità controllata o da un intreccio di fibre metalliche, opzionalmente supportati su una rete metallica o su una lamiera stirata o perforata.
4. Il generatore delle rivendicazioni precedenti ove dette pareti porose comprendono una cornice perimetrale di tenuta
5. Il generatore delle rivendicazioni precedenti ove dette pareti porose sono modificate superficialmente con un materiale idrofobico su almeno una faccia.
6. Il generatore della rivendicazione 5 ove detto materiale idrofobico è un polimero fluorurato.
7. Il generatore delle rivendicazioni precedenti ove detto distributore reticolato di reagenti gassosi ha una resistenza al passaggio dei fluidi sostanzialmente



inferiore a quella di dette pareti porose.

8. Il generatore delle rivendicazioni precedenti ove detto distributore reticolato di reagenti gassosi è un elemento scelto dal gruppo delle spugne o schiume metalliche, delle reti, delle lamiere espanse o perforate o una sovrapposizione di detti elementi.

9. Il generatore delle rivendicazioni precedenti ove detto distributore reticolato di reagenti gassosi è metallico, ed opzionalmente costituito da acciaio inossidabile, nickel o lega di nickel

10. Il generatore delle rivendicazioni precedenti ove dette celle di termostatazione comprendono un materiale reticolato conduttivo per assicurare la continuità elettrica.

11. Il generatore della rivendicazione 10 ove detto materiale reticolato conduttivo di dette celle di termostatazione ha una resistenza al passaggio dei fluidi sostanzialmente inferiore a quella di dette pareti porose.

12. Il generatore della rivendicazione 10 o 11 ove detto materiale reticolato conduttivo di dette celle di termostatazione è un elemento scelto dal gruppo delle spugne o schiume metalliche, delle reti, delle lamiere espanse o perforate o una sovrapposizione di detti elementi.

13. Il generatore delle rivendicazioni da 10 a 12 ove detto materiale reticolato conduttivo di dette celle di termostatazione è metallico, ed opzionalmente costituito da acciaio inossidabile, nickel o lega di nickel.

14. Un metodo di generazione di corrente elettrica continua, che comprende l'alimentazione di reagenti gassosi secchi in dette celle a combustibile a membrana del generatore delle rivendicazioni precedenti, e l'alimentazione di un flusso di acqua in dette celle di termostatazione ad una pressione controllata,

superiore a quella di detto almeno un reagente gassoso da umidificare, e la permeazione di detto flusso di acqua in dette celle a combustibile a membrana attraverso detta molteplicità di pareti porose.

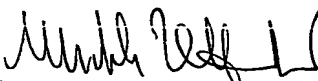
15. Il metodo della rivendicazione 14 ove il reagente gassoso umidificato da detto flusso di acqua che permea attraverso dette pareti porose è l'ossigeno.

16. Il metodo della rivendicazione 14 ove entrambi i reagenti gassosi sono umidificati da detto flusso di acqua che permea attraverso dette pareti porose.

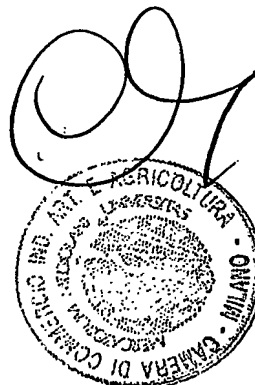
17. Il metodo delle rivendicazioni da 14 a 16 ove detto flusso di acqua è preriscaldato.

18. Un generatore elettrochimico che comprende gli elementi distintivi della descrizione e delle figure.

NUVERA FUEL CELLS EUROPE S.r.l.



Michele Tettamanti, Direttore Generale



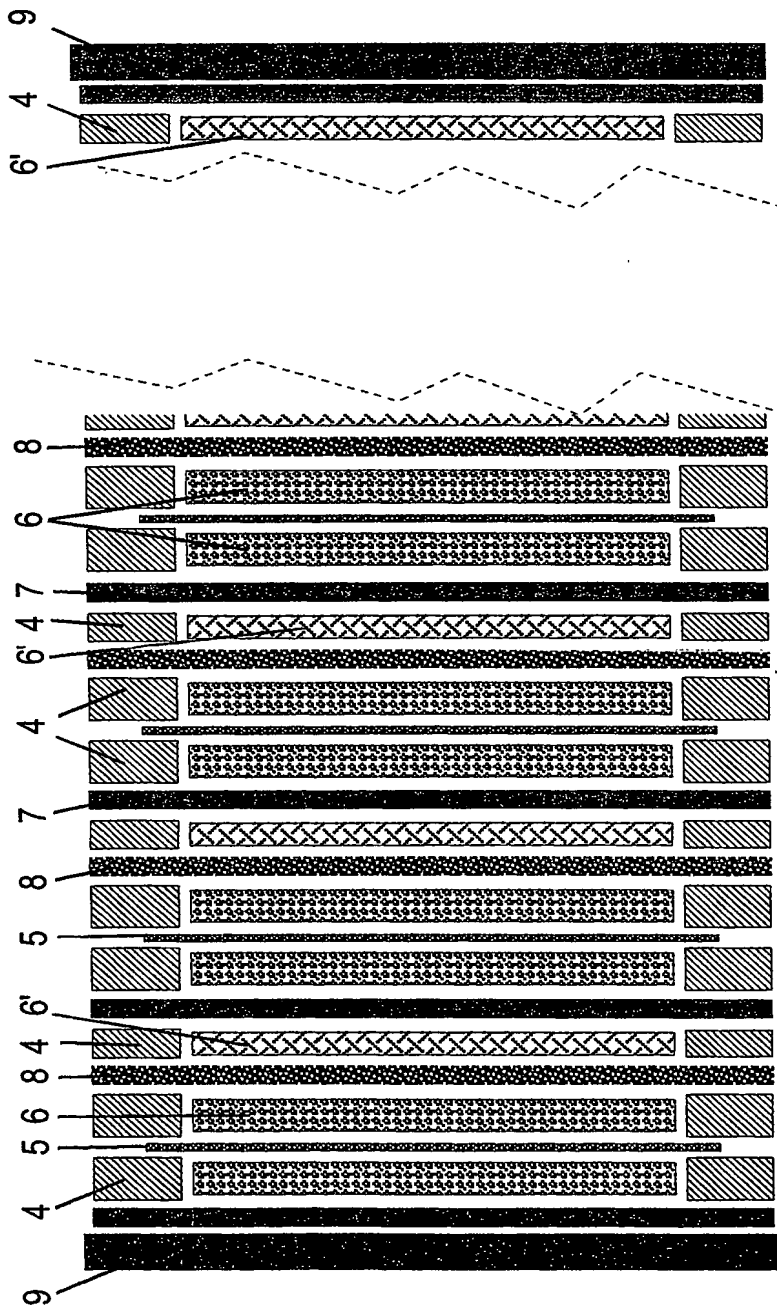
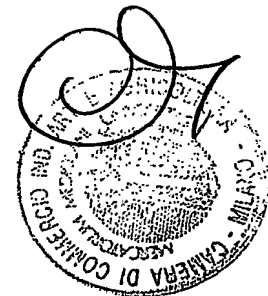
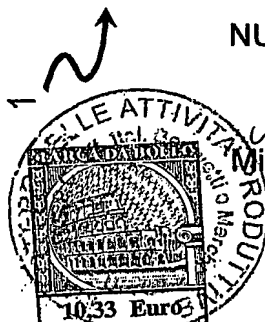


FIG.1

MI 2002 A 0 0 2 6 3 Z

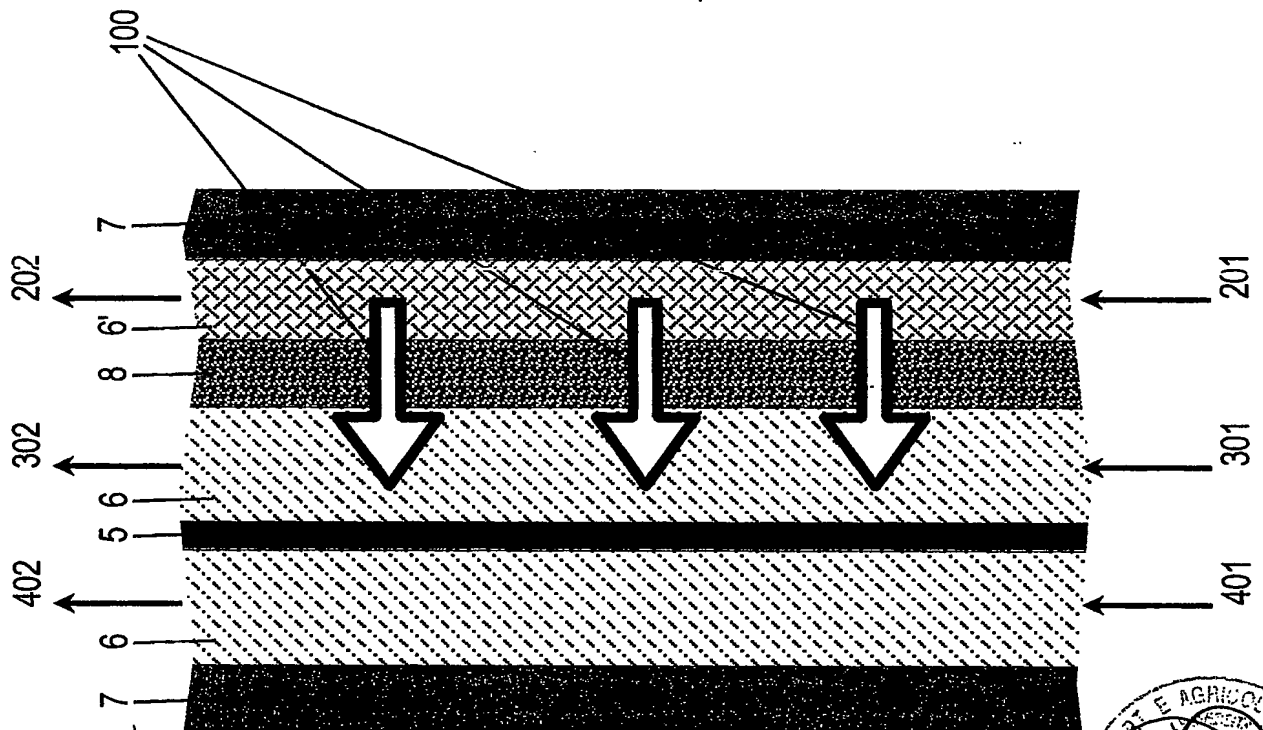


NUVERA FUEL CELLS EUROPE S.r.l.

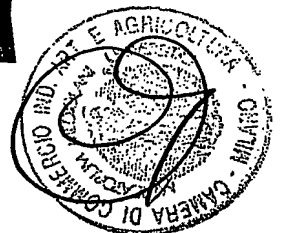


Michele Tettamanti, Direttore Generale

FIG.2




MI 2002A 0 0 2 6 3 Z



NUVERA FUEL CELLS EUROPE S.r.l.

*Michele Tettamanti*  
Michele Tettamanti, Direttore Generale

  
Michele Tettamanti, Direttore Generale

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKewed/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**